

На рисунке 2 изображены Оже-пики алюминия, полученные экспериментально: Al 1302 эВ, Al 1351 эВ, Al 1397 эВ, что соответствует табличным значениям. Пики Оже-электронов поверхности алюминия соответствуют KLL переходам этого же элемента.

Так же можно заметить, что на образце присутствуют загрязнения в виде кислорода O 511 эВ и азота N 387 эВ соответствующие табличным значениям.

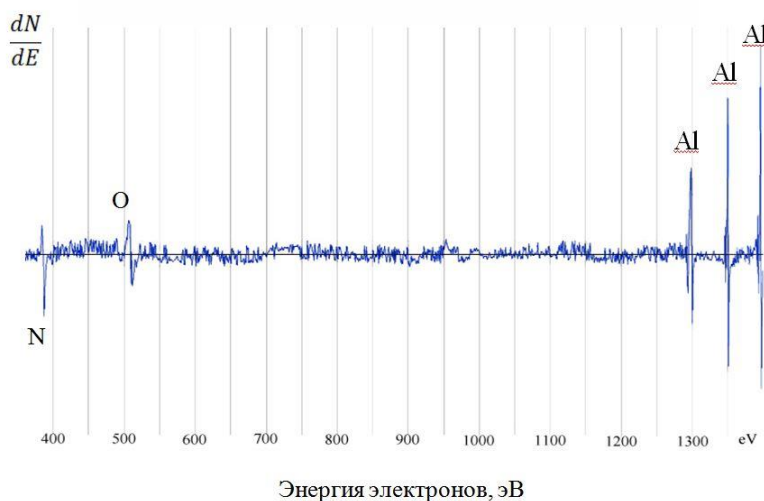


рис. 2. Спектр Оже-электронов поверхности алюминия.

Проанализировав Оже-спектры алюминиевой поверхности, приходим к выводу, что уже при наличии на поверхности исследуемого образца нескольких частиц адсорбата, линии веществ составляющих адсорбат, будут выделяться в Оже-спектре. А также на интенсивность эмиссии Оже-электронов существенно влияет зависимость сечения ионизации внутренних уровней атомов от энергии первичных электронов, обратный поток рассеянных электронов, вероятность перехода атома в невозбужденное состояние с испусканием фотона.

Химические связи на поверхности образца могут изменять форму пика и, таким образом, приводить к ошибке при использовании метода определения в дифференцированном спектре Оже-сигнала.

## Модернизированная ионизационная камера для спектрометрии альфа-излучающих радионуклидов

*Изгагин Вячеслав Сергеевич*

*Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина*

*Жуковский Михаил Владимирович, д.т.н.*

*[slava.izgagin-arti@yandex.ru](mailto:slava.izgagin-arti@yandex.ru)*

При обращении с альфа-активным веществом необходим контроль содержания радионуклидов в технологических средах, воздухе рабочей зоны, загрязнения рабочих поверхностей. Ингаляционное, инвазивное, пероральное поступление источников альфа излучения в организм представляет опасность для персонала за счет высокой плотности ионизации. Радиационный контроль необходим при производстве короткоживущих радионуклидов для ядерной медицины, при обращении с торий содержащими материалами, как при их хранении, так и операциях переработки [1, 2]. Низкофоновые установки могут быть использованы для валидации других методов измерения активности альфа-излучающих радионуклидов.

Контроль альфа-радионуклидов осуществляется спектрометрическим или радиометрическим методом. Последний предполагает наличие счётчика частиц (пропорциональный счетчик, счетчик Гейгера-Мюллера). Используется также спектрометрический способ с использованием газовой ионизационной камеры в качестве детектора [3]. Принцип работы камеры можно описать следующим образом. Вылетающие из препарата альфа-частицы проводят ионизацию рабочей газовой смеси, состоящей из инертного газа аргона (99,4%) и из органической добавки толуола (0,6%). Под действием электростатического поля происходит дрейф электронов и ионов к соответствующим электродам детектора, аноду и катоду соответственно. Впоследствии происходит измерение заряда, наведенного на собирающем электроде. Количество образованных ион – электронных пар пропорционально энергии, потерянной  $\alpha$ -частицей в чувствительной области камеры.

Для используемой ионизационной камеры проведена модернизация её внешних функциональных блоков. Подготовка газового объема камера осуществляется форвакуумным насосом, позволяющего достичь требуемого уровня вакуума в 0,2 Па. Оснащение газовой магистралью позволяет заполнять газовый объем рабочей смесью из аргона и толуола, при парциальных давлениях 2,1 атм и 0,01 атм соответственно. Модернизирована электронная подсистема сбора, передачи и преобразования сигнала с детектора. Для питания ионизационного детектора использован высоковольтный источник напряжения, конструктивно входящий в состав спектрометрического анализатора «BSI Multispectrum». Это позволило уменьшить габариты электронных блоков, используемых в установке. Номинальное напряжения питания используемое для работы детектора -2,4 кВ (на катод) и -1,4 кВ (на сетку). В качестве связующего звена между детектором и последующим каскадом усиления, установлен зарядочувствительный предусилитель, позволяющий преобразовать наведенную в ионизационном детекторе порцию заряда в амплитуду напряжения. Последующий блок спектрометрического усилителя-формирователя формирует импульсный сигнал с предусилителя в импульс заданной формы, длительности и амплитуды для его передачи на аналогово-цифровой преобразователь, также встроенный в блок анализатора «BSI Multispectrum» [4]. Связь с персональным компьютером осуществляется по интерфейсу RS-232. Для возможности прямого подключения к USB порту был собран адаптер RS-232-USB на основе микросхем FT232 и MAX232.

Ионизационная камера позволяет получить энергетическое распределение для данного тонкослойного образца с последующим определением его активности в геометрии измерения 2π. При этом отношение количества частиц, вызвавших процессы, приводящие к их регистрации, к количеству частиц, испущенных источником, практически равняется 1. Установка позволяет регистрировать альфа-радионуклиды уранового, трансуранового и ториевого ряда [5].

Список публикаций:

- [1] Мокров Ю.Г., Мокров К.Ю. // *Вопросы радиационной безопасности*. 2019. № 3 (95). С. 51-65.
- [2] Екидин А.А., Павлюк А.В., Жуковский М.В., Ярмошенко И.В., Михеев А.А. // *ТехНадзор*. 2010. № 1. С. 42.
- [3] Гаврилюк Ю.М., Гангапиев А.М., Кузьминов В.В., Панасенко С.И., Раткевич С.С. // *Известия РАН, серия физическая*, Т. 75. №4, с. 583-587 (2011).
- [4] Ионизационная камера ИК-1: Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Уральский Электрохимический комбинат, Новоуральск (1994).
- [5] Martschini M. New and upgraded ionization chambers for AMS at the Australian National University. *Nuclear Inst. and Methods in Physics Research B* (2018).

## **Определение оптимального метода фильтрации шума при моделировании плазменного кильватерного ускорения**

**Каргаполов Иван Юрьевич**

*Новосибирский национальный исследовательский государственный университет*

Туев Пётр Викторович

[i.kargaplov@ngsu.ru](mailto:i.kargaplov@ngsu.ru)

Одной из проблем современной физики ускорителей является ограничение электрического поля в классических резонаторах величиной порядка 100 МВ/м. Главным образом, это обусловлено возможными пробоями на металлических стенках камеры при больших значениях поля, что разрушает установку. По этой причине активно развиваются новые методы ускорения, в частности, кильватерное ускорение в плазме. Плазма представляет собой квазинейтральный газ заряженных частиц, то есть, по существу, её можно считать полностью разрушенным веществом. Вследствие этого использование плазмы в качестве ускоряющей структуры позволяет достигать полей порядка 100 ГВ/м и выше, что выгодно отличает данное направление от других. При кильватерном ускорении драйвер (интенсивный лазерный импульс или пучок заряженных частиц), проходя через плазму и возбуждая плазменные волны, создаёт высокое продольное электрическое поле. Были достигнуты важные экспериментальные результаты [1], показавшие возможность использования плазмы в качестве эффективных высокоградиентных ускоряющих структур. Тем не менее, всевозможным передовым концепциям кильватерного ускорения необходим существенный прогресс для реализации своего потенциала.

При проектировании новых плазменных ускорителей и совершенствовании существующих активно используются численные эксперименты. Они предоставляют эффективный инструмент изучения и понимания происходящих процессов, не требуя при этом прямых экспериментальных измерений. Современные коды позволяют исследовать плазменную динамику в условиях, приближенных к экспериментальным. Развитие методов плазменного ускорения привело к значительному повышению энергии ускоряемых пучков и к укрупнению экспериментальных установок. В связи с этим существенно усложнились численные расчёты, в том числе увеличались размеры области взаимодействия. В данных условиях одним из главных требований к